Canadian Nuclear Safety Commission | Commission canadienne de sûreté nucléaire

REGULATORY GUIDE

Radiobioassay Protocols for Responding to Abnormal Intakes of Radionuclides

G-147

June 2003

Canada

REGULATORY DOCUMENTS

The Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) operates within a legal framework that includes law and supporting regulatory documents. Law includes such legally enforceable instruments as acts, regulations, licences and orders. Regulatory documents such as policies, standards, guides, notices, procedures and information documents support and provide further information on these legally enforceable instruments. Together, law and regulatory documents form the framework for the regulatory activities of the CNSC.

The main classes of regulatory documents developed by the CNSC are:

Regulatory policy: a document that describes the philosophy, principles and fundamental factors used by the CNSC in its regulatory program.

Regulatory standard: a document that is suitable for use in compliance assessment and describes rules, characteristics or practices which the CNSC accepts as meeting the regulatory requirements.

Regulatory guide: a document that provides guidance or describes characteristics or practices that the CNSC recommends for meeting regulatory requirements or improving administrative effectiveness.

Regulatory notice: a document that provides case-specific guidance or information to alert licensees and others about significant health, safety or compliance issues that should be acted upon in a timely manner.

Regulatory procedure: a document that describes work processes that the CNSC follows to administer the regulatory requirements for which it is responsible.

Document types such as regulatory policies, standards, guides, notices and procedures do not create legally enforceable requirements. They support regulatory requirements found in regulations, licences and other legally enforceable instruments. However, where appropriate, a regulatory document may be made into a legally enforceable requirement by incorporation in a CNSC regulation, a licence or other legally enforceable instrument made pursuant to the *Nuclear Safety and Control Act*.

103-06058/

REGULATORY GUIDE

Radiobioassay Protocols For Responding to Abnormal Intakes of Radionuclides

G-147

Published by the
Canadian Nuclear Safety Commission
June 2003

Radiobioassay Protocols for Responding to Abnormal Intakes of radionuclides

Regulatory Guide G-147

Published by the Canadian Nuclear Safety Commission

© Minister of Public Works and Government Services Canada 2003

Extracts from this document may be reproduced for individual use without permission provided the source is fully acknowledged. However, reproduction in whole or in part for purposes of resale or redistribution requires prior written permission from the Canadian Nuclear Safety Commission.

Cat. No. CC173-3/2-147E
ISBN 0-662-34385-9

Également publié en français sous le titre de
Protocoles d'intervention pour les essais biologiques en cas d'incorporation anormale de radionucléides

Document availability

This document can be viewed on the Canadian Nuclear Safety Commission website (www.nuclearsafety.gc.ca). To order a print copy of the document in English or French, please contact:

Communications and Information Management Directorate
Canadian Nuclear Safety Commission
280 Slater Street
P. O. Box 1046, Station B
Ottawa, Ontario K1P 5S9
CANADA

Telephone: (613) 995-5894 or 1-800-668-5284 (Canada only)
Facsimile: (613) 992-2915
E-mail: publications@cnsc-ccsn.gc.ca

TABLE OF CONTENTS

Acknowledgements v

1.0 PURPOSE 1

2.0 SCOPE 1

3.0 BACKGROUND 1
3.1 Regulatory framework 1
3.2 Relevant legislation 1
3.3 Radiobioassay methods 2
3.4 "Routine" and "non-routine" radiobioassays 2
3.5 Selecting and applying radiobioassay methods 3

4.0 RESPONSE PROTOCOLS 4
4.1 Application 4
4.2 Alignment with ICRP recommendations 5
4.3 Description 5
4.3.1 Overview 5
4.3.2 A response protocol triggered by a routine radiobioassay 6
4.3.3 A response protocol triggered by an abnormal incident 8

5.0 COLLECTING AND HANDLING RADIOBIOASSAY SAMPLES 9
4.4 General rules 9
4.5 Labelling samples 10
4.6 Treating and storing urine samples 10
4.7 Collecting and storing faecal samples 10
4.8 Packaging and transporting radiobioassay samples 10

REFERENCES 11

APPENDICES

Table 1: Conducting Radiobioassays When the Preliminary Estimate of Intake is Equal To or Greater Than an Action Level 15
Figure 1: A Typical Schedule for Sampling Faecal Excretions that May Contain Type S Compounds 16
Figure 2: A Typical Schedule for Sampling Urine Excretions that May Contain Type F Compounds 17
Figure 3: Events Leading to Non-routine Radiobioassays in Response to the Results of Routine Radiobioassays 18
Figure 4: Events Leading to Non-routine Radiobioassays in Response to an Abnormal Incident 19

Acknowledgements

The Canadian Nuclear Safety Commission acknowledges the contributions of the Working Group on Internal Dosimetry to the development of the radiobioassay protocols that are described in this guide. The members of the Working Group were:

Dr. M. Billinghurst	Winnipeg Health Sciences Centre
Mr. K. Bundy	Canadian Nuclear Safety Commission
Dr. G. Kramer	Health Canada
Dr. M. Limson-Zamora	Health Canada
Dr. R. Richardson	Atomic Energy of Canada Limited
Mr. B. Thériault	Canadian Nuclear Safety Commission
Dr. K. Thind	Consultant
Dr. C. Webber	Hamilton Health Sciences Corporation
Dr. D. Whillans	Ontario Power Generation

RADIOBIOASSAY PROTOCOLS FOR RESPONDING TO ABNORMAL INTAKES OF RADIONUCLIDES

1.0 PURPOSE

This Regulatory Guide is intended to help licensees of the Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC, Commission) ascertain and control radiation exposures and doses to workers in accordance with regulatory requirements, including the *Radiation Protection Regulations* and any relevant licence conditions.

2.0 SCOPE

This guide:
- describes two radiobioassay protocols that may be used by CNSC licensees to respond to situations where persons who perform duties in connection with activities authorized by the *Nuclear Safety and Control Act* and regulations may have experienced an abnormal intake of radioactive material; and
- provides advice on how to collect and handle radiobioassay samples.

3.0 BACKGROUND

3.1 Regulatory framework

The CNSC is the federal agency that regulates the use of nuclear energy and materials to protect health, safety, security and the environment, and to respect Canada's international commitments on the peaceful use of nuclear energy.

The *NSC Act* requires persons or organizations to be licensed by the CNSC for carrying out the activities referred to in section 26 of the Act, unless otherwise exempted. The associated regulations stipulate prerequisites for CNSC licensing, and the obligations of licensees and workers.

3.2 Relevant legislation

The *General Nuclear Safety and Control Regulations* and the *Radiation Protection Regulations* contain provisions that are relevant to this guide.

In particular:
- Paragraph 3(1)(e) of the *General Nuclear Safety and Control Regulations* stipulates that an application for a CNSC licence shall contain the proposed measures to ensure compliance with the *Radiation Protection Regulations*.
- Section 5 of the *Radiation Protection Regulations* stipulates:
  - "For the purpose of keeping a record of doses of radiation in accordance with section 27 of the Act, every licensee shall ascertain and record the amount of exposure to radon progeny of each person referred to in that section, as well as the effective dose and equivalent dose received by and committed to that person." [Subsection 5(1)]
  - "A licensee shall ascertain the amount of exposure to radon progeny and the effective dose and equivalent dose (a) by direct measurement as a result of monitoring; or (b) if the time

and resources required for direct measurement as a result of monitoring outweigh the usefulness of ascertaining the amount and doses using that method, by estimating them." [Subsection 5(2)]

- Section 6 of the Radiation Protection Regulations stipulates:
  - "In this section, 'action level' means a specific dose of radiation or other parameter that, if reached, may indicate a loss of control of part of a licensee's radiation protection program and triggers a requirement for specific action to be taken." [Subsection 6(1)]
  - "When a licensee becomes aware that an action level referred to in the licence for the purpose of this subsection has been reached, the licensee shall (a) conduct an investigation to establish the cause for reaching the action level; (b) identify and take action to restore the effectiveness of the radiation protection program implemented in accordance with section 4; and(c) notify the Commission within the period specified in the licence." [Subsection 6(2)]

- Paragraph 16(c) of the *Radiation Protection Regulations* stipulates:
  - "When a licensee becomes aware that a dose of radiation received by and committed to a person or an organ or tissue may have exceeded an applicable dose limit prescribed by section 13, 14 or 15, the licensee shall conduct an investigation to determine the magnitude of the dose and to establish the causes of the exposure."

The *Radiation Protection Regulations* do not stipulate how CNSC licensees are to ascertain exposures and doses to persons by "direct measurement as a result of monitoring." In the absence of such direction, section 4 of this guide describes two response protocols, involving the conduct of non-routine radiobioassays that can be used by CNSC licensees to ascertain the radiation dose to individuals when an abnormal intake of a radionuclide is known or suspected to have occurred.

3.3 Radiobioassay methods

The radiation protection programs that the *Radiation Protection Regulations* require of CNSC licensees will typically include provisions for radiobioassays. These radiobioassays may be "direct" or "indirect".

A "direct" (or "*in vivo*") radiobioassay is a measurement on the human body for the purpose of determining the amount of radioactive material in the body, utilizing instrumentation that detects the radiation emitted from the radioactive material.

An "indirect" (or "*in vitro*") radiobioassay consists of the collection and analysis of a sample of human hair, tissue, blood, urine or faeces for the purpose of determining the amount of radioactive material that might have been taken into the body.

3.4 "Routine" and "non-routine" radiobioassays

Direct and indirect radiobioassays to ascertain radiation doses may be further characterized as "routine" or "non-routine", as follows:

- a "routine" radiobioassay is any radiobioassay that involves collecting and analysing samples or taking measurements on the body at scheduled intervals, or at predetermined times, during normal operations.

- a "non-routine" radiobioassay is any radiobioassay that is implemented as part of an ad hoc response to a particular circumstance, such as a known or suspected intake of radioactive material due to an abnormal incident in the workplace. "Non-routine" radiobioassays are often termed "ad hoc" or "special" radiobioassays.

By definition, a dose monitoring program that includes routine radiobioassays is pro-active and precautionary in nature. Typically, such a program is intended to provide routine and timely detection, measurement and confirmation of any radioactive intakes that occur on an on-going basis during normal operations. An example of a routine radiobioassay is the submission of a biweekly (every 14 days) urine sample for analyses for the presence of tritiated water.

A monitoring program that consists only of non-routine radiobioassays is typically reactive and ad hoc in nature. Such a program is usually custom-designed for the purpose of obtaining key parameters that are necessary in order to conduct a specific dose assessment in response to a specific, identified need. To avoid prejudicing the results, a non-routine radiobioassay is typically performed with the subject individual removed from further contact with, or exposure to, radioactive substances.

Both routine and non-routine radiobioassays may involve one or more of the radiobioassay methods described in publications 54 and 78 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP), or as otherwise determined to be appropriate to address case-specific needs.

3.5 Selecting and applying radiobioassay methods

In situations where response protocols involving non-routine radiobioassays are implemented, the associated program for conducting radiobioassays and analyses will typically depend upon case-specific factors, including:

- the time of intake of the radioactive contaminant(s);
- the mode of intake of the radioactive contaminant(s);
- the preliminary assessment of the radioactive intake and resulting dose, using the precipitating radiobioassay result and default parameters;
- whether the radiation is due to a single radionuclide or a mixture of radionuclides;
- the chemical and physical forms (e.g., particle size) of the radioactive contaminant(s);
- the types and energy of the radiation emitted by the contaminant(s);
- the rate of decay of the radioactive contaminant(s);
- the metabolic characteristics and behaviour of each suspected radioactive contaminant (e.g., retention time within the body, solubility within the body, rate of excretion from the body);
- when the radiobioassay results must be available;
- the number of radiobioassay results required; and
- the convenience, sensitivity, quality and suitability of the available radiobioassay equipment and facilities.

The radiobioassay methods that are most often used use to assess radiation doses from internal sources are *in vivo* counting, and the analysis of collected samples of excreta, such as urine and faeces. These methods are appropriate to a variety of situations. For example, radiobioassays of excreta may be the only reasonable option in a situation that involves radionuclides with no gamma-ray emissions or only low energy photon emissions. Conversely, where a person may have been internally exposed to a mixture of radionuclides that emits penetrating gamma photons, a combination of *in-vivo* counting, and the collection and analysis of excreta may be appropriate.

In certain situations where a standard radiobioassay method, or a combination of such methods, does not suffice to detect all radionuclides of concern, it may still be possible to use the method or combination of methods in conjunction with other knowledge or information to identify and estimate the impacts of all radionuclides of concern. For example, where standard methods indicate the presence of certain radionuclides, it may be reasonable to conclude that certain other radionuclides- i.e., those that are known to be normally associated with the radionuclides detected by the standard methods- are also present. The routine association, in irradiated uranium fuel, of ^{144}Ce (detectable by *in vivo* counting or gamma spectroscopy on faecal samples using germanium detectors) with certain transuranic radio nuclides is an example of such a situation. Accordingly, when a standard radiobioassay method detects a surrogate radionuclide (e.g., ^{144}Ce), that discovery, in light of the known or typical association of the surrogate with other radionuclides, may indicate that associated radionuclides that can only be detected by some supplementary *in vivo* counting techniques or special analyses (e.g., fission track analysis for ^{239}Pu in urine) are also present.

In addition, relevant metabolic data - such as organ or whole-body retention times, and urine and faecal excretion rates - can often be used (with appropriate adjustments) along with the results of radiobioassays to help ascertain the radiation exposures and doses from radioactive intakes.

4.0 RESPONSE PROTOCOLS

4.1 Application

The response protocols that are described in this section are intended to be used following suspected or actual intakes of significant quantities of radionuclides. Such intakes typically occur during abnormal incidents in the workplace, such as those involving:

- the breach or failure of a sealed source;
- the handling of unsealed radioactive sources;
- air-borne contamination as a consequence of fires or explosions; and
- the failure of personnel protection measures, such as respiratory equipment, during the maintenance or servicing of contaminated equipment or systems.

An abnormal incident that occurs at a CNSC-licensed facility or during a CNSC-regulated activity could trigger a requirement (under applicable legislation, a CNSC licence or the licensee's radiation protection program) for a non-routine radiobioassay.

In particular, when a licensee becomes aware that a dose to a person or an organ or a tissue may have exceeded an applicable dose limit prescribed by sections 13, 14 or 15 of the *Radiation Protection Regulations*, the licensee must conduct an investigation in order to determine the magnitude of the dose and to establish the causes of the exposure (Paragraph 16(c) of the *Radiation Protection Regulations*). The activities completed as part of the required investigation to determine the magnitude of the dose could include the conduct of a non-routine bioassay.

If the results of non-routine radiobioassays are to be credible, care should be paid to such details as the choice and application of assay methods, the timing and number of *in vivo* counts, or the timing of the collection of excreta samples relative to the time of intake of radiation. Accordingly, persons who are responsible for designing and implementing response protocols must exercise competent judgement on key matters. For example, they must decide whether to collect and retain

samples for confirmatory analyses, they must select appropriate times for truncation of sampling, and they must weigh and balance the associated advantages and disadvantages.

When selecting the preferred radiobioassay methods and identifying any complementary requirements for additional biological monitoring, the responsible persons should take into account the factors discussed in subsection 3.5 above.

The response protocols that are described in subsection 4.3 of this guide can be used by licensees to ascertain the committed effective dose resulting from an intake of radionuclides. However, users should exercise sound judgement. They should adjust and refine the recommended protocols to suit their specific needs and individual circumstances. These needs and circumstances will typically depend upon case-specific factors, including radiation hazards in the workplaces and the circumstances associated with the internal exposures.

4.2 Alignment with ICRP recommendations

The response protocols described in this guide are similar to those recommended in relevant annals of the ICRP. For example, "ICRP Publication 54" and "ICRP Publication 78" recommend, for a worker that intakes a significant quantity of radionuclides, that the worker's retention or excretion patterns and other relevant parameters be estimated, using individual-specific data. The ICRP prefers the use of individual-specific data over the application of standardized bio-kinetic models in such evaluations, because observed rates are typically more realistic than default values, and, thus, more likely to result in more realistic estimates of the associated radiation doses.

ICRP recommendations and the radiobioassay protocols described in this guide recognize that an individual's rate of retention or excretion cannot be adequately constructed on the basis of two or three randomly collected measurements or samples. Accordingly, these recommendations and protocols are designed to systematically yield individual-specific radiobioassay data that are sufficient to generate scientifically defensible dose assessments.

4.3 Description

4.3.1 Overview

The response protocols that are described below in subsections 4.3.3 and 4.3.2, and illustrated graphically in Figures 3 and 4 on pages 18 and 19 of this guide, address two specific situations. These situations are:

- When a routine radiobioassay program yields a result that is abnormal, and that indicates that a person may have been exposed to abnormal levels of radiation; and
- When the occurrence of an abnormal incident (e.g., an initiating event such as a fire, explosion, or a failure of a ventilation system) that has a recognized potential to give rise to significant intakes of radionuclides by an affected person is known or suspected.

Figures 1 and 2 on pages 16 and 17 of this guide illustrate excretion-sampling patterns that could be appropriate in specific situations. These figures take into account the

anatomical and physiological characteristics defined by the ICRP for reference individuals in ICRP Publication 23.

Figure 1 shows a typical schedule for sampling faecal excretions that may contain a "Type S compound". A "Type S compound" is a compound that is relatively insoluble in the human respiratory tract, and thus only absorbed into the blood of the tract slowly.

Figure 2 shows a typical schedule for sampling urine excretions that may contain a "Type F compound". A "Type F compound" is a compound that is relatively soluble in the human respiratory tract, and thus readily absorbed into the blood of the tract.

4.3.2 A response protocol triggered by a routine radiobioassay

Removing workers, confirming radiobioassay results, estimating doses and retaining samples

As the first phase of this recommended response protocol:

- Remove the exposed individual from any possibility of further intake.
- Confirm the precipitating radiobioassay result as soon as practical, using the laboratory that performed the analysis.
- Perform preliminary assessments of intake and dose using the results of the initial radiobioassays, taking factors such as those presented in subsection 3.5 of this guide into account.
- If the precipitating result is unusually high (i.e., much greater than a relevant "action level", as defined in subsection 6.1 of the CNSC *Radiation Protection Regulations*) consider confirming it with a laboratory that is independent of the laboratory that obtained the precipitating result.
- Where possible, when routine radiobioassays of a sample yield elevated results, retain the precipitating sample until all investigations associated with the incident are complete.

Typically, samples can be most conveniently retained for use in repeat or additional analyses when only a small portion of the total collection is required for each analysis. For example, each determination of tritium in tritiated water in urine typically requires only 5 ml of urine, whereas the typical volume of a urine sample may range from 0.1 L to 1 L. Accordingly, a relatively small sample of urine, which occupies commensurate storage space, is sufficient for several "tritium" analyses.

Where practical, the unused portions of a urine or faecal sample should be retained for further analyses. For example, when non-destructive gamma spectroscopy of a faeces sample indicates significantly elevated levels of fission and activation products, it may be both practical and prudent to reduce the sample to ash, and to save a portion of the ash for further analyses. In a few situations, it might be worthwhile to retain the unused

portion of a sample until such time as improvements in analytical techniques or equipment give rise to more sensitive, accurate or reliable results.

Section 5 of this guide provides guidance on how to handle and store radiobioassay samples.

Determining and implementing the program of non-routine sampling and radiobioassays

As part of this protocol, non-routine sampling and radiobioassays are required in response to a routine bioassay that indicates that a worker has received a radiation dose or radioactive intake that exceeds a regulatory limit, or that equals or exceeds a relevant "action level", as defined in subsection 6(1) of the *Radiation Protection Regulations.*

To be effective, a follow-up program of non-routine bioassays must take relevant factors into account. These factors include the considerations discussed in subsection 3.5 of this guide, the sampling and counting recommendations in Table 1 on page 15 of this guide, the radiation protection program, and the characteristics of the radionuclides involved.

Table 1 on page 15 of this guide recommends biological sampling and *in vivo* counting campaigns for three contiguous time periods ("1-10 days", "10-100 days", and "More than100 days"), following a routine bioassay that indicates that a radioactive intake equals or exceeds an action level. The recommendations of Table 1 cover the time period during which the exposed person is removed from further work involving radiation or radioactive substances in the workplace.

Table 1 addresses many, but not all, situations that are likely to be encountered by CNSC licensees. For example, where short-lived radionuclides (i.e., half-life less than 3 days) are of concern, the time that is available for the purpose of conducting effective sampling will be commensurately short, and consequently the sampling regime recommended in Table 1 may not be entirely appropriate. Similarly, the recommendations of Table 1 may not be entirely appropriate in situations where long-lived radionuclides are incorporated into compounds that have short half-lives (less than 3 days). For such situations, sample daily during the 10 days that immediately follow intake in order to accurately define the shapes of the individual's retention or excretion curves.

Where the results of a routine radiobioassay indicate that a worker's intake of radioactive material may be greater than a relevant action level, arrange for the non-routine sampling and radiobioassays recommended in Table 1, and for any supplementary biological samplings (e.g., of blood, saliva or breath) and radiobioassays that are required by the applicable radiation protection program, or necessary in order to generate or improve estimates of radioactive intake or radiation doses. For example, when an estimated dose exceeds 100 mSv, collect blood samples for chromosomal analyses.

4.3.3 A response protocol triggered by an abnormal incident

Application of this response protocol

This protocol is intended to be implemented in response to abnormal incidents in the workplace, such as accidents involving fire, explosions, or failure of ventilation systems. Abnormal incidents typically increase the levels of airborne radioactivity, and can result in increased intakes of radioactive materials by affected workers.

Assessing whether and when an intake may have occurred

Because incidents such as fires, explosions or ventilation failures may be self-evident or typically trigger protective alarms or monitors, their times of occurrence are usually well-known. When this is so, the time of any associated intake of radioactive contaminants by workers can typically be established with similar accuracy.

Following an abnormal incident at a nuclear facility, an increased intake by workers may be suspected from indirect evidence. For example, the detection of facial or nasal contamination by portal monitors or hand-held detectors, or the presence of surface cuts or sores that are radioactively contaminated, may indicate that the individuals has been subjected to airborne contamination. Such evidence can be sufficient reason to immediately initiate a non-routine radiobioassay, instead of awaiting the results of routine radiobioassay monitoring.

Where an intake of radioactive contaminants is suspected but not confirmed, the timely collection of non-radiobioassay and radiobioassay samples may help establish whether or not such an incident has occurred.

Non-radiobioassay samples include swabs of nasal fluid, and surface wipes of protective clothing or workplace surfaces. Either the presence of radionuclides in such media, or the lack thereof, can serve as a reasonable indicator of whether an inhalation incident has occurred.

Collecting samples, confirming results, and estimating doses

- Arrange for the timely collection of radiobioassay samples from the exposed individuals and the timely completion of *in vivo* counting, since the initial results of the radiobioassay or *in vivo* monitoring will influence decisions about further sampling.

- If widespread contamination is present, take particular care to obtain uncontaminated radiobioassay samples (see section 5 below).

- While awaiting the results of the initial radiobioassay sampling and the initial *in vivo* monitoring, continue to sample at the frequencies recommended in Table 1 on page 15.

- Review the results of the initial *in vitro* radiobioassay or *in vivo* counting, and compare them with the results of the available non-radiobioassay samples, such as nasal swabs or surface contamination wipe samples.

- If the radionuclides detected in the nasal swab and workplace wipe samples are the same as those reported in the radiobioassay results, consider this agreement to be a confirmation that a corresponding radioactive intake has occurred.

- Perform preliminary assessments of intake and dose using the results of the initial radiobioassays results, taking factors such as those presented in subsection 3.5 of this guide into account.

Possible responses to the preliminary assessments of intake and dose

- If the estimated intake or dose is less than a relevant "action level", as defined in subsection 6.(1) of the CNSC *Radiation Protection Regulations*, adjust the protocols recommended in Table 1 accordingly. Since the intake is relatively low, consider ending sampling much sooner than recommended in the table.

- If the estimated intake or dose is equal to or greater than a relevant "action level", as defined in subsection 6.(1) of the CNSC *Radiation Protection Regulations*, follow the protocols recommended in Table 1. If appropriate, arrange for additional specialized analyses and biological monitoring, as discussed in subsections 3.5 and 4.1, respectively. For example, if the estimated dose may exceed 100 mSv, collect blood samples for chromosomal analyses.

5.0 COLLECTING AND HANDLING RADIOBIOASSAY SAMPLES

5.1 General rules

- Ensure that all persons who handle radiobioassay samples are properly instructed in the safe handling of biological and radioactive specimens.

- Use the services of a qualified medical agency or practitioner to collect blood samples.

- When collecting samples in restricted zones, work in areas where the probabilities of contamination of the samples are lowest.

- Collect all samples in sterile disposable containers.

- When a faecal sample is required from a subject, instruct the subject to exercise caution to avoid contaminating the required sample with urine

- After collecting a sample in a potentially-contaminated workplace, shower or wash your hands carefully before removing the samples to an unrestricted area.

- Where possible, retain all samples collected until all investigations associated with the incident are complete.

5.2 Labelling samples

- After collecting a radiobioassay sample from a person, label the sample container with the name or identification number of the person, and the date and time of sample collection.

5.3 Treating and storing urine samples

- If the urine sample is to be retained for more than 24 hours before it is analysed, place the sample in cold storage (such as in a refrigerator or cooler) immediately following its collection.

- If a urine sample is to be retained for a significant or indeterminate period of time before it is analysed, treat the sample to prevent or minimize bacterial growth or radionuclide losses to the walls of the sample container, immediately following the collection of the sample. Use measures that are appropriate to the situation, taking into account the characteristics and chemical forms of the radionuclides present in the sample. Typical approaches include adding acid to certain types of samples to prevent precipitation, or adding a preservative such as thymol to minimize bacterial growth.

- Where appropriate, urine samples may be preserved by freezing. Freezing may be particularly appropriate and convenient for urine samples containing organically-bound tritium, particularly those which may require a repeat or confirmatory analysis to determine the organically-bound tritium present in the sample. Where possible, retain part of the collected samples for repeat or multiple analyses.

5.4 Collecting and storing faecal samples

- When collecting faecal samples, use specialty kits (e.g., a "commode specimen collection system") that are designed for the purpose, and readily available from commercial medical equipment suppliers.

- Upon receiving faecal samples that are not to be analyzed immediately, freeze them.

5.5 Packaging and transporting radiobioassay samples

- To prevent discharge, emission or loss of radiobioassay samples during transport, package them securely in accordance with paragraph 2.3.3(b) of the *Transportation of Dangerous Goods Regulations*. Pay particular attention to the packaging of liquids and fluid samples.

- If liquid radiobioassay samples are to be more than two hours in transport, package them in a cooler containing dry ice.

- Maintain faecal samples in a frozen state during transport.

REFERENCES

General Guidelines for Bioassay Programs, Bioassay Guideline 1, Health Canada Report 81-EHD-56.

Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation, ICRP Publication 54, 1988.

Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers, ICRP Publication 78, 1997.

Report of the Task Group on Reference Man, ICRP Publication 23, 1975.

Table 1: Conducting Radiobioassays When the Preliminary Estimate of Intake is Equal To or Greater Than an Action Level

Period After Radioactive Intake	Urine-Sampling Frequency	Faecal-Sampling Frequency	*In Vivo* Count Frequency	Comments
1-10 days	Collect a 24-hour urine sample each day.	Collect a 24-hour faecal sample each day.	Perform *in vivo* counting each day.	End sampling and/or *in vivo* counting when results fall below detection limits or reach chronic baseline values.
10-100 days	Collect a 24-hour urine sample every 14 days.	Collect 24-hour faecal samples on 3 consecutive days. Repeat the collection program every 14 days.	Perform *in vivo* counting every 14 days.	End sampling or *in vivo* counting when results fall below detection limits or reach chronic baseline values.
More than 100 days.	Collect a 24-hour urine sample every 30 days.	Collect 24-hour faecal samples on 3 consecutive days. Repeat collection program every 30 days.	Perform *in vivo* counting every 30 days.	End sampling and/or *in vivo* counting when results fall below detection limits or reach chronic baseline values.

Notes:

1. The radiobioassay schedule recommended in Table 1 above should typically be followed until the subject returns to work. However, users may need to modify the protocol to take into account individual circumstances. For example, the three discrete sampling periods shown in this table may not be appropriate for radionuclides with half-lives < 3 days, for long-lived radionuclides in chemical form that have biological half-lives < 3 days, and when the intake is above a detection limit but below an action level.
2. In Table 1 above, a "24-hour" sample is a sample integrated over a contiguous 24-hour period.

Table 1: Conducting Radiobioassays When the Preliminary Estimate of Intake is Equal To or Greater Than an Action Level

Period After Radioactive Intake	Urine-Sampling Frequency	Faecal-Sampling Frequency	*In Vivo* Count Frequency	Comments
1-10 days	Collect a 24-hour urine sample each day.	Collect a 24-hour faecal sample each day.	Perform *in vivo* counting each day.	End sampling and/or *in vivo* counting when results fall below detection limits or reach chronic baseline values.
10-100 days	Collect a 24-hour urine sample every 14 days.	Collect 24-hour faecal samples on 3 consecutive days. Repeat the collection program every 14 days.	Perform *in vivo* counting every 14 days.	End sampling or *in vivo* counting when results fall below detection limits or reach chronic baseline values.
More than 100 days.	Collect a 24-hour urine sample every 30 days.	Collect 24-hour faecal samples on 3 consecutive days. Repeat collection program every 30 days.	Perform *in vivo* counting every 30 days.	End sampling and/or *in vivo* counting when results fall below detection limits or reach chronic baseline values.

Notes:

1. The radiobioassay schedule recommended in Table 1 above should typically be followed until the subject returns to work. However, users may need to modify the protocol to take into account individual circumstances. For example, the three discrete sampling periods shown in this table may not be appropriate for radionuclides with half-lives < 3 days, for long-lived radionuclides in chemical form that have biological half-lives < 3 days, and when the intake is above a detection limit but below an action level.
2. In Table 1 above, a "24-hour" sample is a sample integrated over a contiguous 24-hour period.

Figure 1: A Typical Schedule for Sampling Faecal Excretions that May Contain Type S Compounds

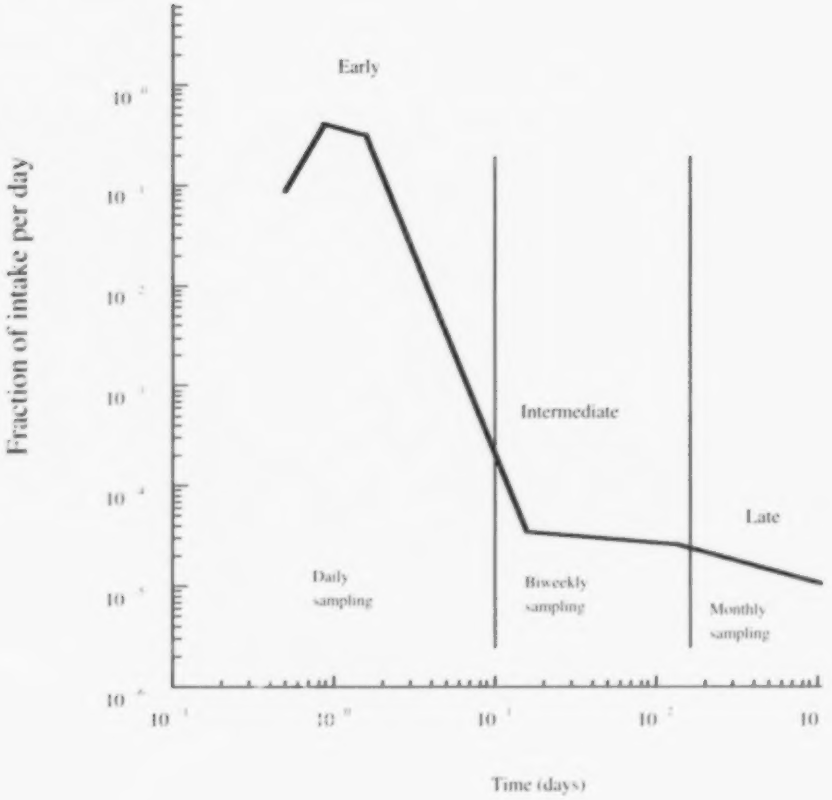


Figure 2: A Typical Schedule for Sampling Urine Excretions that May Contain Type F Compounds

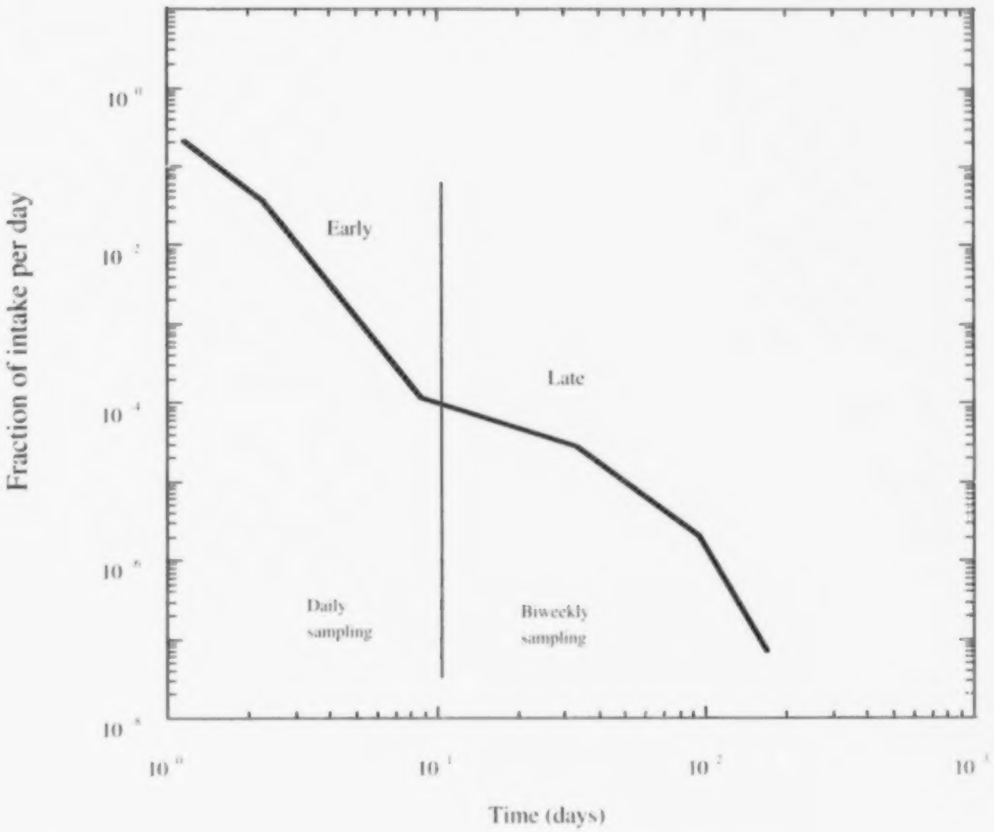


Figure 3: Events Leading to Non-routine Radiobioassays in Response to the Results of Routine Radiobioassays

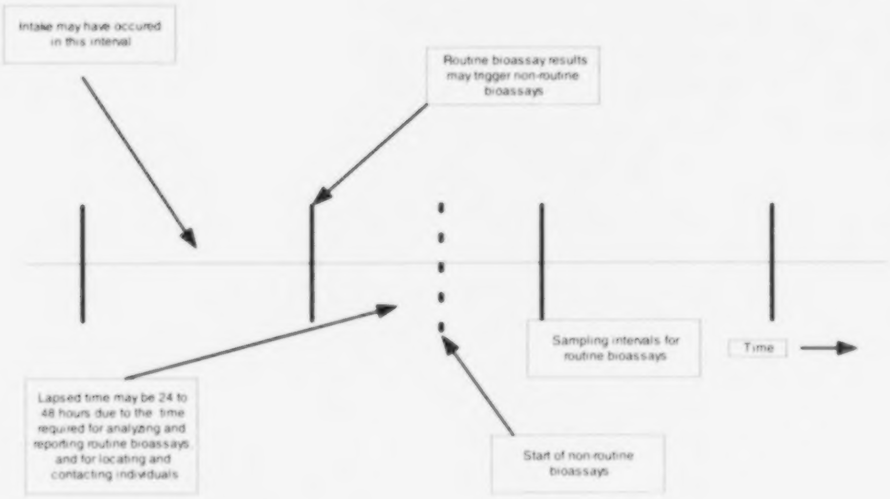
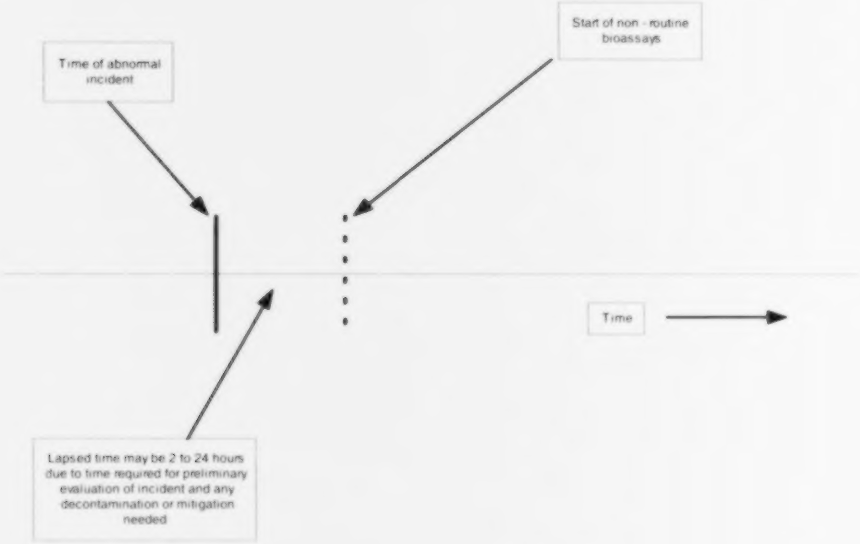


Figure 4: Events Leading to Non-routine Radiobioassays in Response to an Abnormal Incident



Commission canadienne de sûreté nucléaire
Canadian Nuclear Safety Commission

GUIDE
D'APPLICATION DE LA
RÉGLEMENTATION

Protocoles d'intervention pour les essais biologiques en cas d'incorporation anormale de radionucléides

G-147

Juin 2003

Canada

DOCUMENTS D'APPLICATION DE LA RÉGLEMENTATION

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) fonctionne à l'intérieur d'un cadre juridique constitué de la législation et, à l'appui, de documents d'application de la réglementation. Le terme « législation » renvoie à différents instruments légaux exécutoires : des lois, des règlements, des permis et des ordres. Quant aux documents d'application de la réglementation – des politiques, des normes, des guides, des avis, des procédures et des documents d'information –, ils soutiennent et expliquent davantage ces instruments. Les activités de réglementation de la CCSN reposent sur ces instruments et ces documents.

Les documents d'application de la réglementation de la CCSN relèvent des principales classes suivantes :

Politique d'application de la réglementation : un document qui décrit la doctrine, les principes et les facteurs fondamentaux utilisés par la CCSN dans son programme de réglementation.

Norme d'application de la réglementation : un document qui peut servir à une évaluation de conformité et qui décrit les règles, les caractéristiques ou les pratiques que la CCSN accepte comme conformes aux exigences réglementaires.

Guide d'application de la réglementation : un document qui sert de guide ou qui décrit des caractéristiques ou des pratiques recommandées par la CCSN et qui, d'après elle, permettent de respecter les exigences réglementaires ou d'améliorer l'efficacité administrative.

Avis d'application de la réglementation : un document qui contient des conseils et des renseignements propres à un cas donné et qui sert à alerter les titulaires de permis et d'autres personnes à propos d'importantes questions de santé, de sûreté ou de conformité auxquelles il faut donner suite en temps utile.

Procédure d'application de la réglementation : un document qui décrit les modalités de travail qu'utilise la CCSN pour administrer les exigences réglementaires dont elle est responsable.

Les politiques, normes, guides, avis et procédures d'application de la réglementation ne créent pas d'exigences exécutoires; ils servent plutôt à étayer les exigences réglementaires énoncées dans les permis, dans les règlements et dans les autres instruments exécutoires. Néanmoins, le cas échéant, un document d'application de la réglementation peut être transformé en instrument exécutoire par son incorporation dans un permis ou un règlement de la CCSN, ou encore dans un autre instrument exécutoire établi en vertu de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*.

GUIDE D'APPLICATION DE LA RÉGLEMENTATION

Protocoles d'intervention pour les essais biologiques en cas d'incorporation anormale de radionucléides

G-147

**Publié par la
Commission canadienne de sûreté nucléaire
Juin 2003**

Protocoles d'intervention pour les essais biologiques en cas d'incorporation anormale de radionucléides

Guide d'application de la réglementation G-147

Publié par la Commission canadienne de sûreté nucléaire

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2003

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition d'en indiquer la source en entier. Toutefois, sa reproduction en tout ou en partie à des fins commerciales ou de redistribution nécessite l'obtention préalable d'une autorisation écrite de la Commission canadienne de sûreté nucléaire.

N° de cat. CC173-3/2-147F
ISBN 0-662-89221-6

Also published in English as
Radiobioassay Protocols for Responding to Abnormal Intakes of Radionuclides

Disponibilité du présent document

Les personnes intéressées pourront consulter le présent document sur le site Web de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (www.suretenucleaire.gc.ca) ou en commander des exemplaires, en français ou en anglais, en communiquant avec la :

Direction des communications et de la gestion de l'information
Commission canadienne de sûreté nucléaire
280, rue Slater
Case postale 1046, Succursale B
Ottawa (Ontario) K1P 5S9
CANADA

Téléphone : (613) 995-5894 ou 1 800 668-5284 (au Canada)
Télécopieur : (613) 992-2915
Courriel : publications@cnsc-ccsn.gc.ca

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements v

1.0 OBJET 1

2.0 PORTÉE 1

3.0 CONTEXTE 1
3.1 Cadre de réglementation 1
3.2 Dispositions législatives applicables 1
3.3 Méthodes d'essais biologiques 2
3.4 Essais biologiques « courants » et « spéciaux » 2
3.5 Choisir et appliquer des méthodes d'essais biologiques 3

4.0 PROTOCOLES D'INTERVENTION 4
4.1 Applicabilité 4
4.2 Conformité aux recommandations de la CIPR 5
4.3 Description 6
4.3.1 Aperçu 6
4.3.2 Protocole d'intervention suscité par des essais biologiques courants 6
4.3.3 Protocole d'intervention suscité par un incident anormal 8

5.0 PRÉLÈVEMENT ET MANIPULATION D'ÉCHANTILLONS D'ESSAIS BIOLOGIQUES 10
5.1 Règles générales 10
5.2 Étiquetage des échantillons 10
5.3 Traitement et stockage des échantillons d'urine 10
5.4 Prélèvement et stockage des échantillons fécaux 11
5.5 Emballage et transport des échantillons d'essais biologiques 11

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE 12

ANNEXES

Tableau 1 : Protocole d'échantillonnage recommandé lorsque l'estimation préliminaire de la contamination est égale ou supérieure au seuil d'intervention 15
Figure 1 : Périodes types d'échantillonnage pour une excrétion fécale qui contient un composé de type S 16
Figure 2 : Périodes types d'échantillonnage pour une excrétion d'urine qui contient un composé de type F 17
Figure 3 : Événements donnant lieu à des essais biologiques spéciaux en réponse aux résultats des essais biologiques courants 18
Figure 4 : Événements donnant lieu à des essais biologiques spéciaux en réponse à une situation anormale 19

Remerciements

La Commission canadienne de sûreté nucléaire remercie le Groupe de travail sur la dosimétrie interne de sa collaboration pour l'élaboration des protocoles relatifs aux essais biologiques qui sont décrits dans le présent guide. Les membres du groupe de travail étaient les suivants :

Dr M. Billinghurst	Winnipeg Health Sciences Centre
K. Bundy	Commission canadienne de sûreté nucléaire
Dr G. Kramer	Santé Canada
Dr M. Limson-Zamora	Santé Canada
Dr R. Richardson	Énergie atomique du Canada limitée
B. Thériault	Commission canadienne de sûreté nucléaire
Dr K. Thind	Consultant
Dr C. Webber	Hamilton Health Sciences Corporation
Dr D. Whillans	Ontario Power Generation

PROTOCOLES D'INTERVENTION POUR LES ESSAIS BIOLOGIQUES EN CAS D'INCORPORATION ANORMALE DE RADIONUCLÉIDES

1.0 OBJET

Le présent guide vise à aider les titulaires de permis de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN, la Commission) à vérifier et à contrôler l'exposition au rayonnement et les doses de rayonnement reçues par les travailleurs conformément aux exigences réglementaires, notamment le *Règlement sur la radioprotection* et toute autre condition de permis pertinente.

2.0 PORTÉE

Le présent guide :

- décrit deux protocoles relatifs aux essais biologiques qui peuvent être utilisés par les titulaires de permis de la CCSN pour intervenir lorsque des personnes qui exercent des activités autorisées par la *Loi sur la réglementation et la sûreté nucléaires* et ses règlements peuvent avoir subi une incorporation anormale de matières radioactives;
- donne des conseils sur la manière de prélever et de manipuler les échantillons des essais biologiques.

3.0 CONTEXTE

3.1 Cadre de réglementation

La CCSN est l'organisme fédéral qui réglemente l'utilisation de l'énergie et des matières nucléaires afin de protéger la santé, la sûreté, la sécurité et l'environnement et de respecter les engagements internationaux du Canada à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

La *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (LSRN) exige des personnes ou des organismes qu'ils détiennent, à moins d'en être exemptés, un permis de la CCSN avant d'exécuter les activités décrites à l'article 26 de cette même loi. Les règlements d'application de la LSRN énoncent les exigences préalables de la CCSN pour la délivrance d'un permis ainsi que les obligations des titulaires de permis et des travailleurs.

3.2 Dispositions législatives applicables

Les dispositions suivantes du *Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires* et du *Règlement sur la radioprotection* s'appliquent tout particulièrement au présent guide.

Notamment :

- L'alinéa 3(1)e) du *Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires*

- stipule qu'une demande de permis de la CCSN doit contenir les mesures proposées pour assurer la conformité au *Règlement sur la radioprotection*.

- Selon l'article 5 du *Règlement sur la radioprotection* :
  - « Pour tenir un document sur les doses de rayonnement en conformité avec l'article 27 de la Loi, le titulaire de permis contrôle et enregistre l'ampleur de l'exposition aux produits de filiation du radon de chaque personne mentionnée dans cet article, ainsi que la dose

efficace et la dose équivalente qui sont reçues par la personne et engagées à son égard. » [paragraphe 5(1)]
- « Le titulaire de permis contrôle l'ampleur de l'exposition aux produits de filiation du radon, la dose efficace et la dose équivalente a) par mesure directe résultant du contrôle; ou b) par évaluation, lorsque le temps et les ressources exigées pour une mesure directe sont trop importants par rapport à son utilité. » [paragraphe 5(2)]

- Selon l'article 6 du *Règlement sur la radioprotection* :
  - Le « seuil d'intervention » est « une dose de rayonnement déterminée ou tout autre paramètre qui, lorsqu'il est atteint, peut dénoter une perte de contrôle d'une partie du programme de radioprotection du titulaire de permis et rend nécessaire la prise de mesures particulières. » [paragraphe 6(1)]
  - « Le titulaire de permis qui apprend qu'un seuil d'intervention mentionné dans le permis pour l'application du présent paragraphe a été atteint a) fait enquête pour en établir la cause; b) dégage et prend des mesures pour rétablir l'efficacité du programme de radioprotection mis en œuvre conformément à l'article 4; c) avise la Commission dans le délai prévu au permis. » [paragraphe 6(2)]

- Selon l'alinéa 16c) du *Règlement sur la radioprotection* :
  - « Le titulaire de permis qui apprend qu'une dose de rayonnement reçue par une personne, un organe ou un tissu, et engagée à leur égard, peut avoir dépassé une limite de dose applicable qui est prévue aux articles 13, 14 ou 15, fait enquête pour établir l'ampleur de la dose et les causes de l'exposition. »

Le *Règlement sur la radioprotection* ne précise pas comment le titulaire de permis de la CCSN doit contrôler l'exposition et les doses reçues par les personnes « par mesure directe résultant du contrôle ». En l'absence de telles directives, la partie 4 du présent guide décrit deux protocoles d'intervention pouvant être utilisés par les titulaires de permis de la CCSN pour contrôler les doses de rayonnement reçues par des personnes en effectuant des essais biologiques spéciaux lorsqu'on présume ou qu'on sait qu'il y a eu incorporation anormale de radionucléides.

3.3 Méthodes d'essais biologiques

Les programmes de radioprotection qui sont exigés des titulaires de permis de la CCSN par le *Règlement sur la radioprotection* comportent habituellement des dispositions relatives aux essais biologiques. Ceux-ci peuvent être « directs » ou « indirects ».

Les essais biologiques directs, ou mesures *in vivo*, sont des mesures effectuées sur le corps humain en vue de déterminer la quantité de matières radioactives présentes dans le corps, en utilisant des instruments qui détectent le rayonnement émis par les matières radioactives.

Les essais biologiques indirects, ou mesures *in vitro*, consistent à prélever et à analyser des échantillons de cheveux humains, de tissus, de sécrétions nasales, d'urine ou de fèces dans le but de déterminer la quantité de matières radioactives qui auraient pu être incorporées.

3.4 Essais biologiques « courants » et « spéciaux »

Les essais biologiques visant à contrôler les doses de rayonnement peuvent être classés comme des essais « courants » ou « spéciaux », comme suit :

- l'essai biologique « courant » est tout essai biologique qui comprend le prélèvement et l'analyse d'échantillons ou la prise de mesures sur le corps à intervalles réguliers ou à des moments prédéterminés durant les opérations normales.
- l'essai biologique « spécial » est un essai biologique qui est effectué dans le cadre d'une intervention *ponctuelle* à la suite de circonstances particulières, comme une incorporation réelle ou présumée de matières radioactives causée par un incident anormal sur les lieux de travail. L'essai biologique « spécial » porte souvent le nom d'essai « ponctuel ».

Par définition, les programmes de surveillance de dose qui comportent des essais biologiques courants sont proactifs et de nature préventive. Ils visent en général à assurer une détection courante et opportune, les mesures et la confirmation des incorporations de matières radioactives qui ont eu lieu de façon continue durant les opérations normales. Un exemple d'essai biologique courant est le prélèvement d'un échantillon d'urine aux deux semaines (à tous les 14 jours) qui sera analysé en vue de déterminer la présence d'oxyde de tritium.

Les programmes qui prévoient des essais biologiques spéciaux sont habituellement de nature réactive et ponctuelle. Ils sont habituellement adaptés en vue d'obtenir des paramètres clés qui sont requis pour une évaluation de dose particulière en réaction à un besoin précis identifié. Pour éviter de compromettre les résultats, les essais biologiques spéciaux sont habituellement réalisés lorsque la personne s'est retirée des lieux afin d'éviter un contact ultérieur avec des substances radioactives ou l'exposition à ces substances.

Les essais biologiques courants et spéciaux peuvent comporter une ou plusieurs méthodes d'essais biologiques décrites dans les publications 54 et 78 de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), ou d'autres méthodes que l'on estime appropriées à la situation.

3.5 Choisir et appliquer des méthodes d'essais biologiques

Dans les cas où des protocoles d'intervention ponctuels sont mis en oeuvre, le programme connexe d'essais biologiques et d'analyses dépendra de certains facteurs propres à la situation, notamment :

- le moment où l'incorporation de contaminants radioactifs s'est produite,
- le mode d'incorporation des contaminants radioactifs,
- l'évaluation préliminaire de l'incorporation radioactive et la dose résultante, à l'aide des résultats d'essais biologiques et des paramètres par défaut,
- si l'irradiation est imputable à un seul radionucléide ou à un mélange de radionucléides,
- les formes chimique et physique (p. ex. la taille des particules) du contaminant radioactif,
- les types et l'importance du rayonnement émis par le contaminant,
- le taux de désintégration du contaminant radioactif,
- les caractéristiques métaboliques et le comportement du contaminant radioactif (p. ex. durée de rétention dans le corps, classe de solubilité dans les poumons, facteur de transfert dans les intestins, taux d'excrétion),
- le moment où les résultats de l'essai biologique doivent être connus,
- le nombre de résultats d'essais biologiques requis,
- la commodité, la sensibilité, la qualité et la pertinence de l'équipement et des installations d'essais biologiques.

Pour évaluer les doses de rayonnement provenant de sources internes, les méthodes d'essais biologiques les plus couramment utilisées sont le comptage *in vivo* et l'analyse d'échantillons d'excrétions, comme l'urine et les fèces. Dans certains cas, comme lorsqu'il s'agit de

radionucléides sans émission de rayons gamma ou à émission de photons de faible énergie seulement, les essais biologiques des excrétions peuvent constituer la seule option raisonnable. Lorsqu'une personne a subi une exposition interne à un mélange de radionucléides qui émettent des photons gamma pénétrants, il peut être utile de combiner le comptage *in vivo* avec le prélèvement et l'analyse des excrétions.

En cas d'ingestion ou d'inhalation d'un mélange de radionucléides, il est possible que les méthodes normalisées courantes ne permettent pas de déceler tous les radionucléides. Cependant, si certains radionucléides sont détectés à l'aide des méthodes normalisées, d'autres radionucléides, qui sont normalement associés à ceux-ci, seront également présents. Par exemple, le ^{144}Ce est généralement associé aux radionucléides transuraniens formés dans le combustible d'uranium irradié. Lorsqu'un radionucléide auxiliaire, comme le ^{144}Ce, détecté par une méthode d'essais biologiques normalisée (détectable par comptage *in vivo* ou par spectroscopie gamma d'échantillons fécaux à l'aide de détecteurs à germanium) laisse supposer la présence d'autres radionucléides difficilement détectables dans le mélange, on devrait envisager de prendre des dispositions particulières pour un comptage *in vivo* additionnel et/ou pour une analyse spéciale des échantillons d'essais biologiques (p. ex. analyse des traces de fission visant à détecter la présence de ^{239}Pu dans l'urine).

De plus, avec des ajustements appropriés, les données métaboliques – comme la durée de rétention dans un organe ou dans le corps entier, et les taux d'excrétion de l'urine et des fèces – peuvent souvent être utilisées avec les résultats des essais biologiques pour déterminer les expositions au rayonnement et les doses imputables aux incorporations de matières radioactives.

4.0 PROTOCOLES D'INTERVENTION

4.1 Applicabilité

Les protocoles d'intervention qui sont décrits dans cette section ont pour but d'être utilisés lors de situations inhabituelles, comme lorsqu'il est nécessaire de vérifier la dose efficace engagée chez une personne à la suite d'une incorporation réelle ou présumée de substances radioactives causée par un incident anormal sur les lieux de travail. Ces scénarios comprennent :

- brèches ou défaillance d'une source scellée qui peut occasionner une incorporation de matières radioactives;
- incorporations anormales de matières radioactives survenues lors de la manipulation de sources non scellées;
- contamination en suspension dans l'air par suite d'incendies ou d'explosions;
- défaillance de l'équipement de protection personnelle (p. ex. l'équipement respiratoire) lors de l'entretien ou de la réparation de pièces contaminées ou de systèmes.

Lorsqu'un incident survient dans une installation autorisée par un permis de la CCSN ou durant une activité réglementée par la CCSN et qu'il implique une exposition interne possible ou réelle au rayonnement, il peut entraîner une obligation d'effectuer un essai biologique spécial conformément aux règlements, à un permis de la CCSN ou au programme de radioprotection du titulaire de permis.

Par exemple, lorsqu'un titulaire de permis apprend qu'une dose de rayonnement reçue par une personne, un organe ou un tissu, peut avoir dépassé une limite de dose applicable qui est prévue aux articles 13, 14 ou 15 du *Règlement sur la radioprotection*, il doit faire enquête pour établir

l'ampleur de la dose et les causes de l'exposition (paragraphe 16(c) du *Règlement sur la radioprotection*). Les activités entreprises dans le cadre de l'enquête requise ayant pour but de déterminer l'importance de la dose peuvent comprendre la réalisation d'un essai biologique spécial.

Pour que les résultats des essais biologiques spéciaux soient crédibles, on doit porter une attention particulière au choix et à l'applicabilité des méthodes d'essai, au moment et au nombre des comptages *in vivo*, ou au moment du prélèvement des échantillons d'excrétions par rapport à l'heure où l'incorporation a eu lieu. Les personnes qui sont responsables de la conception et la mise en oeuvre des protocoles d'intervention doivent faire preuve de jugement en ce qui concerne certaines questions clés. Par exemple, elles doivent décider s'il faut prélever et conserver des échantillons aux fins de l'analyse confirmative, elles doivent établir le moment approprié pour tronquer les échantillons en tenant compte des coûts associés et des bénéfices.

Au moment de choisir les meilleures méthodes d'essais biologiques et de déterminer la nature des exigences complémentaires requises pour une surveillance biologique additionnelle, les personnes responsables devraient tenir compte des facteurs mentionnés à la partie 3.5 ci-dessus.

Les protocoles d'intervention décrits à la partie 4.3 du présent guide peuvent être utilisés par les titulaires de permis pour déterminer la dose efficace engagée par suite de l'incorporation de radionucléides. Cependant, les utilisateurs doivent faire preuve de jugement. Ils doivent adapter le protocole recommandé pour répondre à leurs besoins spécifiques et aux circonstances particulières. Ces besoins et circonstances dépendent de facteurs propres à chaque situation, incluant les risques d'irradiation sur les lieux de travail et les circonstances associées aux expositions internes.

4.2 Conformité aux recommandations de la CIPR

Les protocoles d'intervention recommandés dans le présent guide sont conformes aux recommandations de la CIPR. Par exemple, les publications 54 et 78 de la CIPR recommandent d'évaluer le régime de rétention et d'excrétion propres à l'individu et les autres paramètres connexes après une incorporation importante de radionucléides chez un travailleur. La CIPR préfère utiliser des données propres à un individu plutôt que des modèles biocinétiques normalisés pour ces évaluations, car les taux observés fournissent des estimations plus réalistes des doses de rayonnement qui sont reçues à la suite de l'incorporation.

Les recommandations de la CIPR, ainsi que les protocoles d'intervention qui sont décrits dans le présent document, tiennent compte du fait que le taux de rétention ou d'excrétion d'un individu ne peut être déterminé en prenant pour base deux ou trois comptages aléatoires. Conséquemment, le protocole recommandé est conçu de manière à obtenir suffisamment de données d'essais biologiques systématiques et propres à un individu pour produire des évaluations de dose défendables sur le plan scientifique.

4.3 Description

4.3.1 Aperçu

Les protocoles d'intervention qui sont décrits aux sections 4.3.3 et 4.3.2, et qui sont représentés graphiquement aux figures 3 et 4, pages 18 et 19 du présent guide, s'appliquent dans deux situations particulières. Ces situations sont les suivantes :

- lorsqu'un programme d'essais biologiques courants donne un résultat anormal, et que cela laisse supposer que la personne pourrait avoir été exposée à des niveaux de rayonnement anormalement élevés;
- lorsqu'un incident anormal (p. ex. incendie, explosion, défaillance des systèmes de ventilation), qui pourrait donner lieu à des incorporations importantes de radionucléides chez une personne, est connu ou présumé.

Les figures 1 et 2, pages 16 et 17 du présent guide, offrent des exemples de diverses phases d'échantillonnage de l'excrétion qui seraient appropriées dans des situations spécifiques. Ces figures tiennent compte des caractéristiques anatomiques et physiologiques définies par la CIPR, pour les individus de référence, dans la publication 23 de la CIPR.

La figure 1 illustre des périodes types d'échantillonnage d'excrétion fécale pouvant contenir un composé de type S. Un composé de type S est relativement insoluble dans les voies respiratoires, et le débit d'absorption d'un tel composé vers le sang est donc relativement lent.

La figure 2 illustre des périodes types d'échantillonnage pour une excrétion d'urine pouvant contenir un composé de type F. Un composé de type F est relativement soluble dans les voies respiratoires, et le débit d'absorption d'un tel composé vers le sang est donc relativement rapide.

4.3.2 Protocole d'intervention suscité par des essais biologiques courants

<u>Retirer le travailleur du lieu de travail, confirmer les résultats de l'essai biologique et conserver les échantillons</u>

En premier lieu, le protocole d'intervention doit prévoir les étapes suivantes :

- Retirer le travailleur du lieu de travail pour s'assurer qu'il ne subit aucune incorporation ultérieure.
- Confirmer le résultat de l'essai biologique le plus tôt possible, en utilisant le laboratoire qui a effectué l'analyse.
- Effectuer les évaluations préliminaires de l'incorporation et de la dose à l'aide des résultats des essais biologiques initiaux, en tenant compte de certains facteurs, comme ceux présentés à la section 3.5 du présent guide.

- Si le résultat est anormalement élevé (de beaucoup supérieur à un « seuil d'intervention »), tel que défini au paragraphe 6(1) du *Règlement sur la radioprotection*, on devrait envisager une confirmation du résultat par un autre laboratoire indépendant.

- Lorsque des essais biologiques courants d'un échantillon donnent des résultats élevés, il faut, autant que possible, conserver l'échantillon jusqu'à ce que toutes les enquêtes relatives à l'incident soient terminées.

Habituellement, la conservation des échantillons dans le but de répéter les analyses ou d'effectuer des analyses additionnelles s'avère pratique lorsqu'une petite portion de l'échantillon total est requise pour chaque analyse. Par exemple, chaque analyse de l'urine visant à détecter la présence de tritium, sous forme d'eau tritiée, peut nécessiter seulement 5 mL d'échantillon alors que le volume prélevé se situe entre 0,1 et 1 L. Ainsi, un échantillon d'urine relativement petit, qui occupe un espace de stockage proportionnel, est suffisant pour plusieurs analyses de « tritium ».

Il est prudent de conserver, dans la mesure du possible, le reste de l'échantillon d'urine ou de l'échantillon fécal en vue d'analyses confirmatoires. Par exemple, lorsque l'analyse d'un échantillon de matières fécales par spectroscopie gamma non destructive provisoire indique la présence de quantités importantes de produits de fission et de produits d'activation; dans un tel cas, l'échantillon pourrait être conservé en vue d'une analyse confirmatoire. Dans certains cas, il peut être possible et valable de conserver les échantillons non utilisés pendant des périodes prolongées au cas où des techniques d'analyse et des équipements améliorés deviendraient disponibles pendant la période d'entreposage, ce qui permettrait d'obtenir des résultats plus justes, plus exacts ou plus fiables.

La partie 5 du présent guide donne des renseignements sur la façon de manipuler et d'entreposer des échantillons d'essais biologiques.

Détermination et mise en place du programme d'échantillonnage spécial et d'essais biologiques

Dans le cadre de ce protocole, on doit procéder à un échantillonnage spécial et à des essais biologiques, suivant l'estimation préliminaire de l'incorporation où un seuil d'intervention est atteint ou dépassé, tel que défini au paragraphe 6(1) du *Règlement sur la radioprotection*.

Pour être efficace, un programme de suivi des essais biologiques doit tenir compte de facteurs pertinents, comme ceux qui sont indiqués à la partie 3.5 du présent guide, des recommandations relatives à l'échantillonnage et au comptage qui figurent au tableau 1 de la page 15 du présent guide, du programme de radioprotection et des caractéristiques des radionucléides en cause.

Le tableau 1 de la page 15 du présent guide recommande des fréquences d'échantillonnage pour les trois grandes périodes (1 à 10 jours, 10 à 100 jours, plus de 100 jours) suivant l'estimation préliminaire de l'incorporation où un seuil d'intervention est atteint ou dépassé. Le protocole d'échantillonnage recommandé

s'applique à la période où le travailleur sous rayonnement ou exposé à des substances radioactives est retiré du lieu de travail.

Le tableau 1 présente des situations auxquelles les titulaires de permis de la CCSN sont susceptibles d'être confrontés, mais elles n'y figurent pas toutes. Par exemple, dans le cas des radionucléides à courte période (demi-vie < 3 jours), la période totale d'échantillonnage disponible peut être relativement courte et, par conséquent, le régime d'échantillonnage recommandé au tableau 1 pourrait ne pas être approprié. Il en va de même pour les radionucléides à longue période présents dans des composés dont la demi-vie biologique est courte (< 3 jours). Dans de telles situations, l'échantillonnage doit se faire quotidiennement au cours des 10 premiers jours suivant la contamination interne afin de pouvoir définir précisément l'allure des courbes de rétention et d'excrétion du sujet.

Lorsque les résultats d'un essai biologique courant laissent supposer que l'incorporation peut dépasser de beaucoup le seuil d'intervention, il faut prendre des dispositions pour effectuer des essais biologiques spéciaux et prélever les échantillons recommandés au tableau 1. Il faut aussi mener des essais biologiques additionnels (sang, salive, haleine), ainsi que les essais biologiques qui sont requis par le programme de radioprotection applicable, ou qui sont nécessaires pour produire et améliorer les évaluations de l'incorporation de matières radioactives ou des doses de rayonnement. Par exemple, lorsque la dose estimée dépasse 100 mSv, on doit prélever des échantillons de sang en vue de réaliser des analyses chromosomiques.

4.3.3 Protocole d'intervention suscité par un incident anormal

Applicabilité du protocole d'intervention

Ce protocole doit être mis en oeuvre en réaction aux incidents anormaux survenus sur le lieu de travail, comme les incidents impliquant des incendies, des explosions ou la défaillance d'un système de ventilation. Les incidents anormaux augmentent habituellement les niveaux de radioactivité dans l'air, et peuvent donner lieu à de plus fortes incorporations de matières radioactives chez les travailleurs.

Évaluer s'il y a eu incorporation et à quel moment

Puisque les incidents comme les explosions et les défaillances de la ventilation déclenchent des alarmes, il est normalement facile de déterminer à quel moment ils surviennent. Dans de telles circonstances, on peut déterminer avec la même précision le moment où se produisent les incorporations de contaminants radioactifs par les travailleurs.

À la suite d'un événement anormal survenu dans une installation nucléaire, on peut parfois présumer qu'il y a eu contamination interne d'après des preuves indirectes. Par exemple, la contamination faciale ou nasale détectée par des moniteurs portatifs ou la présence de coupures ou blessures contaminées, peuvent laisser supposer que les personnes ont été exposées à des particules en suspension dans l'air. Ces renseignements peuvent être suffisants pour amorcer immédiatement un essai biologique ponctuel plutôt que d'attendre le comptage d'essai biologique courant.

Lorsque l'incorporation de contaminants radioactifs est présumée mais non confirmée, le prélèvement opportun d'échantillons lors d'essais non biologiques ou lors d'essais biologiques peut aider à déterminer si l'incident s'est produit ou non.

Les échantillons prélevés lors d'essais non biologiques comprennent les tampons de prélèvement nasal et les prélèvements sur les vêtements de protection ou les surfaces des lieux de travail. La présence ou l'absence de radionucléides à ces endroits peut constituer une indication raisonnable qu'une inhalation a eu lieu ou n'a pas eu lieu.

Prélèvement des échantillons, confirmation des résultats et évaluation des doses

- Prendre des dispositions pour effectuer le prélèvement des échantillons d'essais biologiques et le comptage *in vivo* chez les individus exposés au moment opportun, puisque les résultats initiaux des essais biologiques ou de la surveillance *in vivo* influeront sur les décisions relatives aux prélèvements ultérieurs.

- En cas de contamination étendue, prendre des mesures particulières pour obtenir des échantillons d'essais biologiques non contaminés (voir la section 5).

- Dans l'attente des résultats initiaux des essais biologiques et de la surveillance *in vivo*, continuer à échantillonner aux fréquences recommandées au tableau 1 à la page 15.

- Examiner les résultats du premier essai biologique *in vitro* ou du premier comptage *in vivo*, et les comparer aux résultats des échantillons d'essais non biologiques disponibles, comme les tampons de prélèvement nasal ou les tampons servant à prélever la contamination de surface.

- Si les radionucléides détectés sur le tampon de prélèvement nasal et sur les lieux de travail sont les mêmes que ceux signalés dans les résultats des essais biologiques, on peut envisager cette concordance comme une confirmation qu'une incorporation radioactive du même type a eu lieu.

- Effectuer des évaluations préliminaires de l'incorporation et des doses en utilisant les résultats des essais biologiques initiaux, en tenant compte de facteurs comme ceux qui sont indiqués à la partie 3.5 du présent guide.

Réponses possibles aux évaluations préliminaires de l'incorporation et de la dose

- Si l'incorporation ou la dose estimée est inférieure au seuil d'intervention pertinent, tel que défini au paragraphe 6(1) du *Règlement sur la radioprotection*, on ajuste en conséquence les protocoles recommandés au tableau 1. Comme l'incorporation est relativement faible, on envisage de mettre fin à l'échantillonnage plus tôt.

- Si l'incorporation ou la dose estimée est égale ou supérieure au seuil d'intervention pertinent, tel que défini au paragraphe 6(1) du *Règlement sur la radioprotection*, suivre les protocoles recommandés au tableau 1. S'il y a lieu, prendre les dispositions nécessaires pour effectuer d'autres analyses spécialisées et plus de surveillance biologique, tel qu'indiqué aux sections 3.5 et 4.1 respectivement. Par

exemple, si la dose estimée risque de dépasser 100 mSv, prélever des échantillons de sang en vue d'effectuer des analyses chromosomiques.

5.0 PRÉLÈVEMENT ET MANIPULATION D'ÉCHANTILLONS D'ESSAIS BIOLOGIQUES

5.1 Règles générales

- S'assurer que toutes les personnes qui manipulent des échantillons d'essais biologiques ont reçu la formation nécessaire pour la manipulation sûre des échantillons biologiques et radioactifs.

- Utiliser les services d'un organisme médical ou d'un médecin compétent pour prélever les échantillons de sang.

- Au moment de prélever des échantillons dans des zones restreintes, travailler dans les endroits où les risques de contamination sont les plus faibles.

- Prélever les échantillons dans des contenants stériles jetables.

- Lorsqu'on demande à une personne un échantillon fécal, avertir celle-ci du danger de contaminer l'échantillon avec de l'urine.

- Après avoir prélevé des échantillons sur les lieux de travail, prendre une douche ou se laver les mains soigneusement avant de déplacer les échantillons dans une zone non restreinte.

- Lorsque cela est possible, conserver tous les échantillons recueillis jusqu'à ce que les enquêtes liées à l'incident soient terminées.

5.2 Étiquetage des échantillons

- Après le prélèvement d'un échantillon biologique, placez une étiquette sur le contenant, en y indiquant le nom de l'individu (ou son numéro d'identification), la date et l'heure du prélèvement.

5.3 Traitement et stockage des échantillons d'urine

- Si l'on doit conserver l'échantillon d'urine pendant plus de 24 heures après le prélèvement, placer immédiatement le contenant dans un endroit frais, comme un réfrigérateur ou une glacière.

- S'il est nécessaire de conserver un échantillon d'urine pendant une longue durée ou une durée indéterminée avant l'analyse, on doit traiter l'échantillon pour éviter ou réduire au minimum la croissance de bactéries, ou encore les pertes de radionucléides sur les parois du contenant. Selon le cas, on doit prendre les mesures voulues en tenant compte de la nature du radionucléide et de son état chimique dans l'échantillon; dans certains cas, on devrait acidifier

l'échantillon pour éviter la précipitation, ou traiter l'urine à l'aide d'un agent de conservation comme le thymol, afin de réduire au minimum la croissance bactérienne.

- Le cas échéant, les échantillons d'urine peuvent être congelés. La congélation peut être particulièrement appropriée pour ce qui est des échantillons d'urine renfermant du tritium lié aux composés organiques, particulièrement ceux qui nécessitent une analyse répétée ou confirmatoire en vue de déterminer la présence du tritium lié aux composés organiques. Lorsque cela est possible, conserver une partie des échantillons pour les analyses répétées ou multiples.

5.4 Prélèvement et stockage des échantillons fécaux

- Pour prélever des échantillons fécaux, utilisez des trousses spéciales « faciles à utiliser » qui sont conçues à cette fin et disponibles chez les fournisseurs d'équipement médical commercial.

- Dès la réception des échantillons de fèces, les mettre immédiatement au congélateur.

5.5 Emballage et transport des échantillons d'essais biologiques

- Pour éviter toute décharge, émission ou perte d'échantillons radiobiologiques durant le transport, les échantillons doivent être emballés de manière sûre conformément à l'alinéa 2.3.3b) du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*. Il faut porter une attention particulière à l'emballage des échantillons liquides et fluides.

- Si le temps de transport des échantillons liquides est de plus de 2 heures, les placer dans une glacière qui contient de la glace sèche.

- Garder les échantillons fécaux à l'état congelé durant le transport.

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

Critères relatifs aux essais biologiques 1 — critères généraux pour les essais biologiques - Rapport de Santé Canada 81-DHM-56.

Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation. CIPR Publication 54, 1988.

Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers, CIPR Publication 78, 1997.

Report of the Task Group on Reference Man, CIPR Publication 23, 1975.

ANNEXES

Tableau 1 : Protocole d'échantillonnage recommandé lorsque l'estimation préliminaire de la contamination est égale ou supérieure au seuil d'intervention

Temps après l'incorporation	Fréquence du prélèvement d'urine	Fréquence du prélèvement de fèces	Fréquence du comptage *in vivo*	Commentaires
1 à 10 jours	Prélèvements d'échantillons d'urine chaque jour, étalés sur 24 heures.	Prélèvements d'échantillons fécaux chaque jour, étalés sur 24 heures.	Effectuer chaque jour un comptage *in vivo*.	Tronquer l'échantillon et/ou les résultats *in vivo* lorsque les résultats tombent sous la limite de détection ou lorsqu'ils atteignent une valeur chronique de base.
10 à 100 jours	Prélèvements d'échantillons d'urine sur 24 heures, tous les 14 jours.	Prélèvements d'échantillons fécaux, sur 24 heures pendant 3 jours consécutifs, tous les 14 jours.	Effectuer un comptage *in vivo* tous les 14 jours.	Tronquer l'échantillon et/ou les résultats *in vivo* lorsque les résultats tombent sous la limite de détection ou lorsqu'ils atteignent une valeur chronique de base.
Plus de 100 jours.	Prélèvements d'échantillons d'urine, étalés sur 24 heures, tous les 30 jours.	Prélèvements d'échantillons fécaux, sur 24 heures pendant 3 jours consécutifs, tous les 30 jours.	Effectuer un comptage *in vivo* tous les 30 jours.	Tronquer l'échantillon et/ou les résultats *in vivo* lorsque les résultats tombent sous la limite de détection ou lorsqu'ils atteignent une valeur chronique de base.

Remarques :

1. Les fréquences d'échantillonnage recommandées dans le tableau 1 devraient normalement être suivies jusqu'à ce que le travailleur retourne au travail. Cependant, les utilisateurs devront peut-être modifier le protocole pour tenir compte de circonstances particulières. Par exemple, les trois périodes d'échantillonnage qui figurent au tableau 1 peuvent ne pas être appropriées dans le cas des radionucléides dont la demi-vie radioactive est de < 3 jours. Il en va de même pour les radionucléides à longue période présents sous forme chimique dans des composés dont la demi-vie biologique est courte (< 3 jours), et pour les incorporations qui sont supérieures à une limite de détection mais inférieures à un seuil d'intervention.
2. Au tableau 1, les prélèvements d'échantillons « sur 24 heures » sont des prélèvements étalés sur une période de 24 heures consécutives.

Tableau 1 : Protocole d'échantillonnage recommandé lorsque l'estimation préliminaire de la contamination est égale ou supérieure au seuil d'intervention

Temps après l'incorporation	Fréquence du prélèvement d'urine	Fréquence du prélèvement de fèces	Fréquence du comptage *in vivo*	Commentaires
1 à 10 jours	Prélèvements d'échantillons d'urine chaque jour, étalés sur 24 heures.	Prélèvements d'échantillons fécaux chaque jour, étalés sur 24 heures.	Effectuer chaque jour un comptage *in vivo*.	Tronquer l'échantillon et/ou les résultats *in vivo* lorsque les résultats tombent sous la limite de détection ou lorsqu'ils atteignent une valeur chronique de base.
10 à 100 jours	Prélèvements d'échantillons d'urine sur 24 heures, tous les 14 jours.	Prélèvements d'échantillons fécaux, sur 24 heures pendant 3 jours consécutifs, tous les 14 jours.	Effectuer un comptage *in vivo* tous les 14 jours.	Tronquer l'échantillon et/ou les résultats *in vivo* lorsque les résultats tombent sous la limite de détection ou lorsqu'ils atteignent une valeur chronique de base.
Plus de 100 jours.	Prélèvements d'échantillons d'urine, étalés sur 24 heures, tous les 30 jours.	Prélèvements d'échantillons fécaux, sur 24 heures pendant 3 jours consécutifs, tous les 30 jours.	Effectuer un comptage *in vivo* tous les 30 jours.	Tronquer l'échantillon et/ou les résultats *in vivo* lorsque les résultats tombent sous la limite de détection ou lorsqu'ils atteignent une valeur chronique de base.

Remarques :

1. Les fréquences d'échantillonnage recommandées dans le tableau 1 devraient normalement être suivies jusqu'à ce que le travailleur retourne au travail. Cependant, les utilisateurs devront peut-être modifier le protocole pour tenir compte de circonstances particulières. Par exemple, les trois périodes d'échantillonnage qui figurent au tableau 1 peuvent ne pas être appropriées dans le cas des radionucléides dont la demi-vie radioactive est de < 3 jours. Il en va de même pour les radionucléides à longue période présents sous forme chimique dans des composés dont la demi-vie biologique est courte (< 3 jours), et pour les incorporations qui sont supérieures à une limite de détection mais inférieures à un seuil d'intervention.
2. Au tableau 1, les prélèvements d'échantillons « sur 24 heures » sont des prélèvements étalés sur une période de 24 heures consécutives.

Figure 1 : Périodes types d'échantillonnage pour une excrétion fécale qui contient un composé de type S

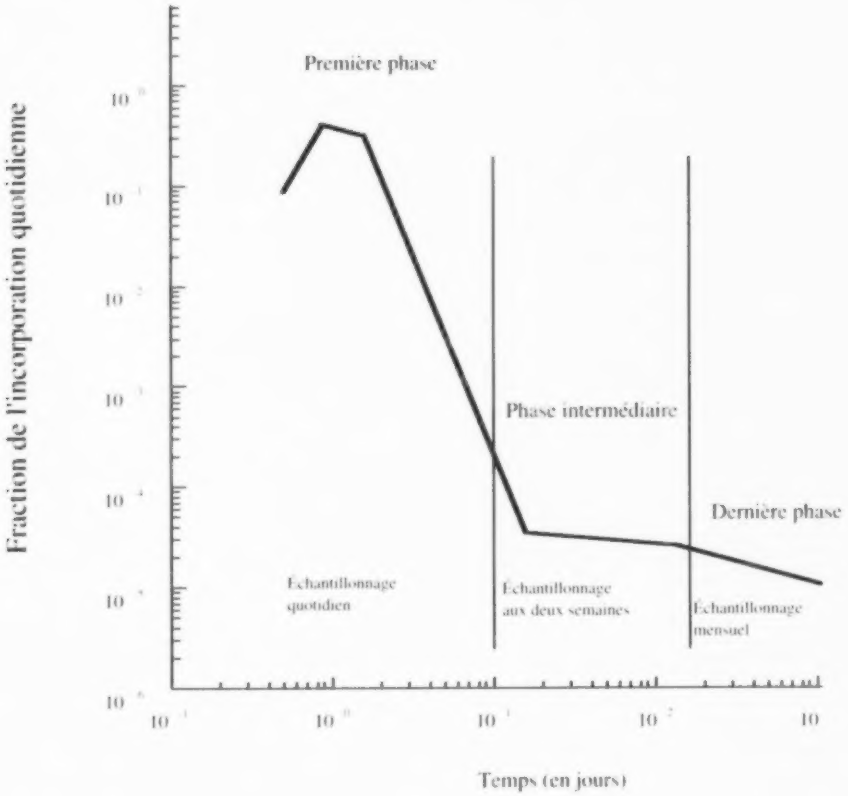


Figure 2 : Périodes types d'échantillonnage pour une excrétion d'urine qui contient un composé de type F

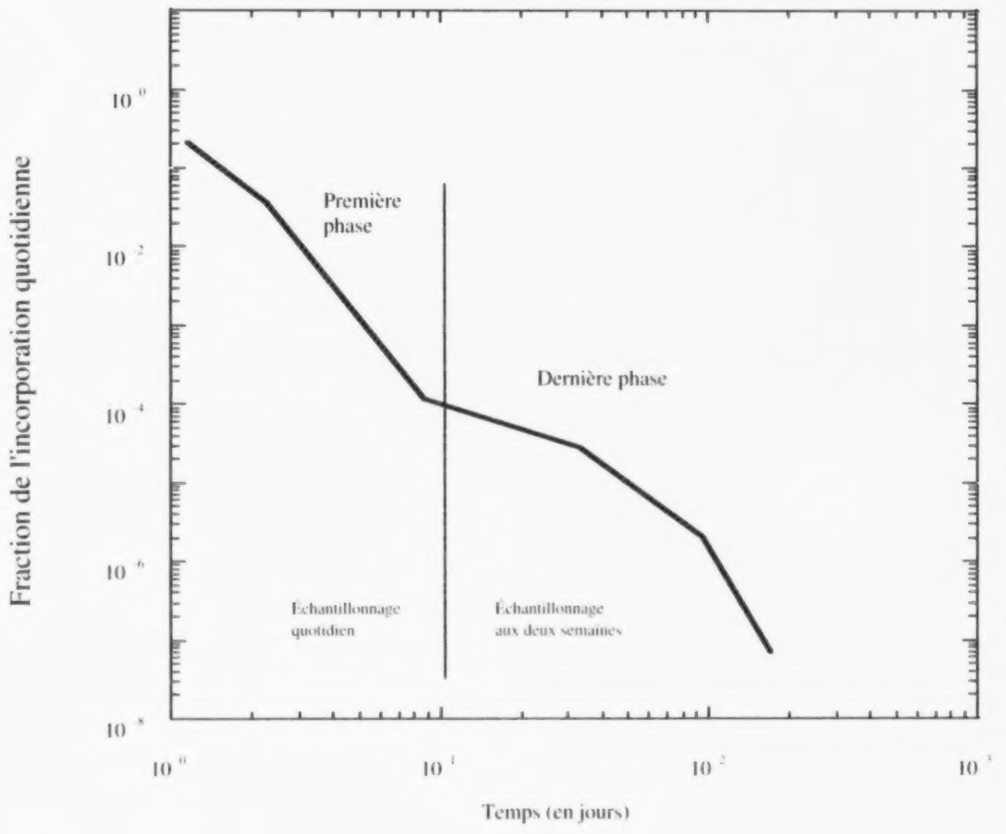


Figure 3 : Événements donnant lieu à des essais biologiques spéciaux en réponse aux résultats des essais biologiques courants

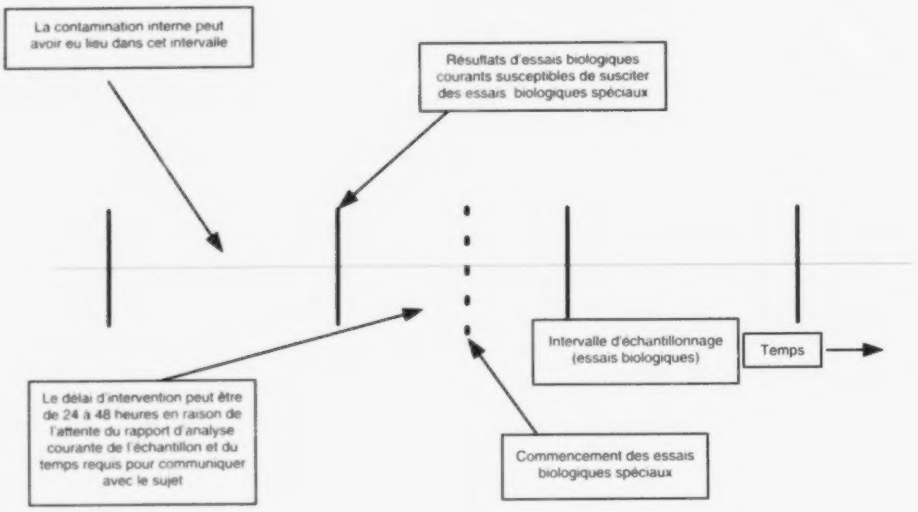
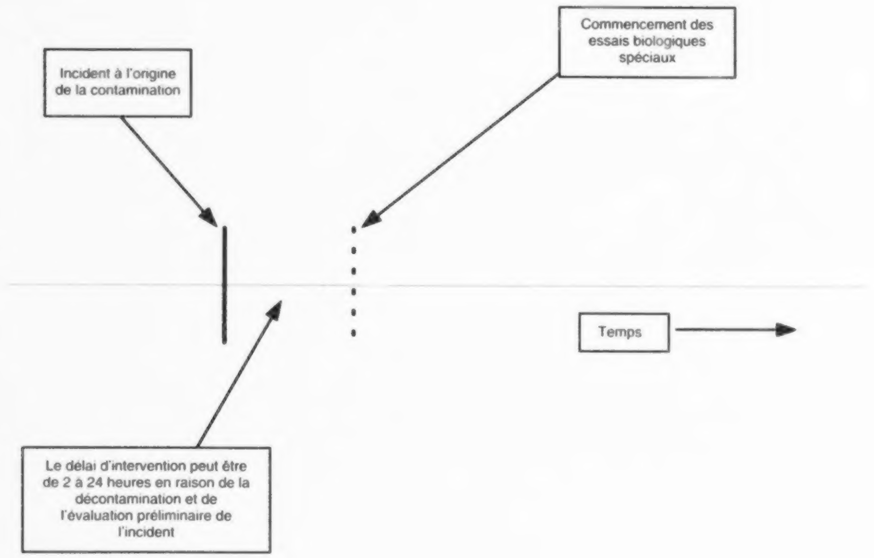



Figure 4 : Événements donnant lieu à des essais biologiques spéciaux en réponse à une situation anormale